昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, October 2009, 52(10): 1090 - 1096 ISSN 0454-6296

褐飞虱和白背飞虱对几类杀虫剂的敏感性

王彦华，苍 涛，赵学平*，吴长兴，陈丽萍，俞瑞鲜，吴声敢，王 强
(浙江省农业科学院，农产品质量标准研究所，杭州 310021)

摘要：为了科学用药和抗性治理提供理论基础，采用稻茎浸渍法测定了2008年7月采自浙江省杭州市和宁波市褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)种群对7种杀虫剂的抗药性及褐飞虱和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth)种群对16种杀虫剂的敏感性。褐飞虱抗药性测定结果表明，与相对敏感品系相比，杭州种群和宁波种群对吡虫啉的抗性倍数分别为479.0倍和366.1倍；对氯噻啉的抗性倍数分别为81.1倍和50.9倍；对噻虫嗪的抗性倍数分别为10.3倍和9.4倍；对噻嗪酮和氟虫腈分别产生了5.0~8.6倍和15.8~17.0倍的抗药性；对烯啶虫胺和啶虫脒的抗性倍数在3倍以下。两种稻飞虱对杀虫剂的敏感性测定结果表明：噻虫嗪、噻嗪酮、烯啶虫胺和毒死蜱对褐飞虱和白背飞虱种群都具有较高的室内毒力。当田间褐飞虱和白背飞虱混合发生时，可选用噻虫嗪、噻嗪酮、烯啶虫胺和毒死蜱进行防治，不宜使用吡虫啉、氯噻啉和氟虫腈防治。

关键词：褐飞虱；白背飞虱；敏感性；抗药性；抗性治理
中图分类号：Q965.9 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2009)10-1090-07

Susceptibility to several types of insecticides in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae)

WANG Yan-Hua, CANG Tao, ZHAO Xue-Ping*, WU Chang-Xing, CHEN Li-Ping, YU Rui-Xian, WU Sheng-Gan, WANG Qiang (Institute of Quality and Standard for Agro-products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: To provide theoretic basis for the scientific application of insecticides and resistance management, the resistance of *Nilaparvata lugens* (Stål) to seven insecticides and the sensitivity of *N. lugens* and *Sogatella furcifera* (Horváth) in two field populations collected from Hangzhou city and Ningbo city, Zhejiang Province in July 2008 to sixteen insecticides were evaluated with rice stem-dipping method. Compared with the relative susceptible strain of *N. lugens*, the Hangzhou and Ningbo populations developed resistance to imidacloprid, imidaclothiz, thiamethoxam, buprofezin and fipronil, with the resistance ratios (RR) to imidacloprid were 479.0-fold and 366.1-fold, to imidaclothiz were 81.1-fold and 50.9-fold, to thiamethoxam were 10.3-fold and 9.4-fold, to buprofezin and fipronil were 5.0 - 8.6-fold and 15.8 - 17.0-fold, respectively, while the two populations remained susceptible to nitenpyram and acetamiprid (RR < 3-fold). The toxicity of sixteen insecticides to Hangzhou and Ningbo populations in *N. lugens* and *S. furcifera* was determined. The results showed the toxicity of thiamethoxam, buprofezin, nitenpyram, and chlorpyrifos was relative high to the two rice planthoppers. Therefore, thiamethoxam, buprofezin, nitenpyram and chlorpyrifos, instead of imidacloprid, imidaclothiz and fipronil, are recommended for controlling *N. lugens* and *S. furcifera* when they occur simultaneously.

Key words: *Nilaparvata lugens*; *Sogatella furcifera*; susceptibility; insecticide resistance; resistance management

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth)都属于半翅目、飞虱科，是亚洲水稻生产上的重要迁飞性害虫(丁锦华和苏建亚，2002)。这两种害虫属于典型的r-对策型害

基金项目：浙江省农业科学院博士启动基金项目；浙江省农业科学院科技创新能力提升工程项目；农业部高毒农药替代示范项目
作者简介：王彦华，男，1979年生，博士，主要从事农药应用与评价研究，E-mail：wangyanh79@163.com
* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhaoxueping@tom.com
稿日期 Received: 2009-06-19；接受日期 Accepted: 2009-08-25

虫，具有极高的内禀增长率，对环境具有较强的环境适应性，在外界条件适宜时易于暴发成灾(Heinrichs, 1994)。长期以来，化学防治一直是控制这两种稻飞虱的重要途径，但化学药剂的长期大量不合理使用等原因导致它们对多种杀虫剂产生了不同程度的抗药性(梁天锡和毛立新，1996；姚洪渭等，2000；Endo and Tsurumachi, 2001；Wang *et al*., 2008a)。近年来，褐飞虱和白背飞虱在亚洲不少国家普遍猖獗危害，具有发生面积扩大、暴发频率增加和危害程度加重等特点，给水稻的优质高产构成了严重威胁(程家安和祝增荣，2006；李淑勇等，2009)。虽然这两种害虫的暴发涉及到水稻品种、耕作制度、气候和自身生物学特性等诸多因素，但其对主要杀虫剂产生抗药性是一个极其重要的因素(高希武等，2006；Matsumura *et al*., 2008；Wang *et al*., 2008a)。

由于2005年我国首次报道田间褐飞虱种群对吡虫啉产生明显的抗药性，吡虫啉被要求暂停使用防治褐飞虱[农技植保函(2005)270号]。目前，吡啶亚甲胺类药剂(吡蚜酮)、新烟碱类药剂(噻虫嗪和烯啶虫胺)、昆虫生长调节剂(噻嗪酮)、苯基吡唑类药剂(氟虫腈)被推荐为防治稻飞虱的主要药剂品种，而常规的有机磷类及氨基甲酸酯类药剂则作为上述药剂的轮换药剂品种(Wang *et al*., 2008b)。褐飞虱和白背飞虱通常混合发生，在水稻生长前期以白背飞虱为主，而在后期以褐飞虱为主(Denno and Roderick, 1990)。因此，本研究进行了这两种稻飞虱对当前常用的杀虫剂抗药性或敏感性调查，以期为这两种害虫的科学用药或抗性治理提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫

田间种群：2008年7月分别采集了浙江省农业科学院水稻试验田和宁波市宁海县力洋镇大田的褐飞虱和白背飞虱种群。每个田间种群采集约800头成虫或500～600头若虫，带回室内饲养，以未用药剂处理的分蘖期至孕穗期的汕优63水稻植株饲养。饲养温度为26～30℃，光周期为16L∶8D。以室内饲养F_1～F_2代的3龄中期若虫供测定用。

褐飞虱相对敏感品系：1995年8月采自浙江省杭州市蒋村的单季稻上的褐飞虱，在室内不接触药剂的情况下用汕优63水稻植株饲养至今。饲养温度为27±1℃，光周期为16L∶8D。

1.2　供试药剂：

新烟碱类：95.3%吡虫啉原药、97%啶虫脒原药，由江苏常隆化工有限公司提供；95%烯啶虫胺原药、95%氯噻啉原药，由江苏南通江山农药化工股份有限公司提供；97.7%噻虫嗪原药，由先正达公司提供；昆虫生长调节剂类：98.1%噻嗪酮原药，由江苏常隆化工有限公司提供；苯基吡唑类：87%氟虫腈原药，由拜耳杭州科学作物有限公司提供；氨基甲酸酯类：99.7%异丙威原药、98.5%仲丁威原药、98%猛杀威原药、96%速灭威原药、99%混灭威原药，由江苏常隆化工有限公司提供；98.5%残杀威原药，由湖南海利化工股份有限公司提供；88.89%丁硫克百威原药，由苏州富美实植物保护剂有限公司提供；有机磷类：95%毒死蜱原药，江苏南通江山农药化工股份有限公司提供。

上述原药以丙酮作溶剂，加10% Triton-100(w/v)加工成适当有效成分含量的乳油后(通常与该药剂市售乳油的有效成分含量一致)，供测定用。

1.3　生物测定方法

按照庄永林和沈晋良(2000)介绍的稻茎浸渍法进行毒力测定。测定数据用南京农业大学农业部病虫监测与治理重点开放实验室建立的生物测定数据处理及管理系统求出毒力回归线及致死中浓度(LC_{50})值，该系统计算结果与美国SAS统计软件的机率值分析结果完全一致(沈晋良和吴益东，1995)。根据药剂作用快慢确定检查结果时间。新烟碱类和苯基吡唑类杀虫剂处理96 h后检查结果；昆虫生长调节剂类杀虫剂处理120 h后检查结果；有机磷类和氨基甲酸酯类杀虫剂处理72 h后检查结果。抗性倍数(RR) = 所测种群的LC_{50}/敏感品系的LC_{50}，以LC_{50}值的95%置信限是否有重叠作为判断不同种药剂毒力差异是否显著的标准。

2　结果与分析

2.1　不同杀虫剂对褐飞虱敏感品系的毒力

采用稻茎浸渍法测定了新烟碱类、昆虫生长调节剂和苯基吡唑类等杀虫剂对褐飞虱敏感品系的毒力基线。结果表明，5种药剂对敏感品系的毒力回归线的斜率均大于2，说明种群的同质性较高。以LC_{50}值比较各药剂对敏感品系的毒力次序为：氟虫腈>噻嗪酮、吡虫啉、噻虫嗪>氯噻啉、烯啶虫胺>啶虫脒(以LC_{50}值的95%置信限是否有重叠作为判断不同种药剂间毒力差异是否显著的标准)(表1)。

表 1　新烟碱类药剂和其他种类药剂对褐飞虱敏感品系 3 龄若虫的毒力基线

Table 1 Baseline toxicity of neonicotinoids and other insecticides to the 3rd instar nymphs of the susceptible strain of *Nilaparvata lugens*

杀虫剂 Insecticides	斜率 Slope	LC_{50} 值(95% 置信限) LC_{50} (95% FL) (mg/L)
新烟碱类 Neonicotinoid		
吡虫啉 Imidacloprid	2.51	0.08 (0.05 – 0.11)
噻虫嗪 Thiamethoxam	2.18	0.11 (0.09 – 0.12)
氯噻啉 Imidaclothiz	2.10	0.33 (0.27 – 0.40)
烯啶虫胺 Nitenpyram	2.17	0.47 (0.25 – 0.61)
啶虫脒 Acetamiprid	2.47	7.55 (6.42 – 9.01)
昆虫生长调节剂 Insect growth regulator		
噻嗪酮 Buprofezin	4.25	0.07 (0.06 – 0.09)
苯基吡唑类 Phenylpyrazole		
氟虫腈 Fipronil	2.15	0.04 (0.03 – 0.05)

2.2　褐飞虱对 3 类杀虫剂的抗药性

2008 年 8 – 9 月采用稻茎浸渍法测定了浙江杭州和宁波两个褐飞虱种群对新烟碱类药剂、昆虫生长调节剂和苯基吡唑类等 3 类 7 种药剂的抗药性，结果表明杭州种群和宁波种群对新烟碱类药剂产生了不同程度的抗药性，其中对吡虫啉分别产生了 479.0 倍和 366.1 倍的抗药性；对氯噻啉分别产生了 81.1 倍和 50.9 倍的抗药性；对噻虫嗪产生了 10.3 倍和 9.4 倍的抗药性；对烯啶虫胺和啶虫脒的抗药性均在 3 倍以下，属于敏感阶段。两个褐飞虱种群对昆虫生长调节剂噻嗪酮产生了 5.0 ~ 8.6 倍的抗药性；对苯基吡唑类药剂氟虫腈产生了 15.8 ~ 17.0 倍的抗药性(表 2)。从上述结果来看，浙江杭州和宁波褐飞虱种群对杀虫剂的抗药性水平基本相近。

表 2　褐飞虱 3 龄若虫对 16 种药剂的敏感性

Table 2 Susceptibility to 16 insecticides in the 3rd instar nymphs of *Nilaparvata lugens*

杀虫剂 Insecticides	杭州种群 Hangzhou population			宁波种群 Ningbo population		
	斜率 Slope	LC_{50} (95% 置信限) LC_{50} (95% FL) (mg/L)	抗性倍数 (RR)	斜率 Slope	LC_{50} (95% 置信限) LC_{50} (95% FL) (mg/L)	抗性倍数 (RR)
新烟碱类 Neonicotinoid						
吡虫啉 Imidacloprid	1.6613	38.32 (31.14 – 48.32)	479.0	1.9074	29.29 (24.36 – 35.51)	366.1
噻虫嗪 Thiamethoxam	1.9470	1.13 (0.94 – 1.36)	10.3	1.9202	1.03 (0.85 – 1.24)	9.4
烯啶虫胺 Nitenpyram	2.7136	0.36 (0.31 – 0.42)	0.8	2.1917	0.66 (0.56 – 0.79)	1.4
啶虫脒 Acetamiprid	2.0921	10.11 (8.48 – 12.02)	1.3	1.7377	13.32 (10.93 – 16.34)	1.8
氯噻啉 Imidaclothiz	1.7209	26.76 (20.94 – 37.05)	81.1	1.3761	16.80 (13.01 – 23.10)	50.9
昆虫生长调节剂 Insect growth regulator						
噻嗪酮 Buprofezin	1.8977	0.35 (0.28 – 0.42)	5.0	2.1998	0.60 (0.50 – 0.71)	8.6
苯基吡唑类 Phenylpyrazole						
氟虫腈 Fipronil	1.9896	0.68 (0.57 – 0.83)	17.0	1.9133	0.63 (0.52 – 0.77)	15.8
有机磷类 Organophosphate						
毒死蜱 Chlopyrifos	3.2361	2.06 (1.79 – 2.37)		2.0388	2.70 (2.26 – 3.24)	
氨基甲酸酯类 Carbamate						
异丙威 Isoprocarb	1.9335	29.14 (24.23 – 35.56)		2.0588	45.88 (37.99 – 57.22)	
猛杀威 Promecarb	2.6996	15.58 (12.52 – 19.79)		1.7682	9.62 (7.36 – 14.52)	
丁硫克百威 Carbosulfan	2.1060	27.04 (22.68 – 32.79)		1.3451	15.76 (12.13 – 20.08)	
仲丁威 Fenobucarb	3.1585	19.20 (14.78 – 26.09)		3.5613	48.53 (28.36 – 72.68)	
混灭威 Dimethacarb	4.1419	49.08 (43.58 – 55.34)		2.6743	46.70 (38. 47 – 61.71)	
残杀威 Propocarb	3.1360	57.31 (44.64 – 75.76)		3.2060	80.39 (64.43 – 98.37)	
速灭威 Metalcarb	2.5249	32.40 (27.46 – 38.55)		2.0684	71.15 (60.79 – 84.70)	

2.3　褐飞虱对 5 类杀虫剂的敏感性

浙江杭州和宁波两个褐飞虱种群对新烟碱类、昆虫生长调节剂、苯基吡唑类、有机磷类和氨基甲酸酯类等 5 类 16 种药剂的敏感性的测定结果表明，

16 种杀虫剂对浙江杭州褐飞虱种群 3 龄若虫的毒力次序为：噻嗪酮、烯啶虫胺 > 氟虫腈 > 噻虫嗪 > 毒死蜱 > 啶虫脒 > 猛杀威、仲丁威≥氯噻啉、丁硫克百威、异丙威、速灭威、吡虫啉≥混灭威、残杀威；对浙江宁波褐飞虱种群 3 龄若虫的毒力次序为：噻嗪酮、氟虫腈、烯啶虫胺 > 噻虫嗪 > 毒死蜱 > 猛杀威、啶虫脒、丁硫克百威、氯噻啉≥吡虫啉 > 异丙威、混灭威、仲丁威≥速灭威、残杀威(表 2)。

2.4 白背飞虱对 5 类杀虫剂的敏感性

采用稻茎浸渍法测定了浙江杭州和宁波两个白背飞虱种群对新烟碱类、昆虫生长调节剂、苯基吡唑类、有机磷类和氨基甲酸酯类等 5 类 16 种药剂的敏感性，结果表明 16 种杀虫剂对浙江杭州白背飞虱种群 3 龄若虫的毒力次序为：噻虫嗪 > 吡虫啉、噻嗪酮 > 烯啶虫胺 > 氯噻啉、啶虫脒 > 氟虫腈、毒死蜱 > 猛杀威、异丙威、丁硫克百威、残杀威、仲丁威 > 速灭威 > 混灭威；对浙江宁波白背飞虱种群 3 龄若虫的毒力次序为：噻虫嗪 > 噻嗪酮、吡虫啉 > 烯啶虫胺 > 氯噻啉、啶虫脒 > 氟虫腈、毒死蜱 > 猛杀威、异丙威、残杀威、仲丁威≥丁硫克百威 > 速灭威、混灭威(表 3)。

表 3 白背飞虱 3 龄若虫对 16 种药剂的敏感性

Table 3 Susceptibility to 16 insecticides in the 3rd instar nymphs of *Sogatella furcifera*

杀虫剂 Insecticides	杭州种群 Hangzhou population		宁波种群 Ningbo population	
	斜率 Slope	LC_{50}(95%置信限) LC_{50}(95%FL)(mg/L)	斜率 Slope	LC_{50}(95%置信限) LC_{50}(95%FL)(mg/L)
新烟碱类 Neonicotinoid				
吡虫啉 Imidacloprid	2.4457	0.26 (0.22 – 0.31)	1.9626	0.23 (0.19 – 0.28)
噻虫嗪 Thiamethoxam	1.9002	0.11 (0.09 – 0.14)	1.9738	0.11 (0.09 – 0.13)
烯啶虫胺 Nitenpyram	2.4416	0.47 (0.40 – 0.56)	1.9790	0.511 (0.42 – 0.62)
啶虫脒 Acetamiprid	1.5637	0.97 (0.78 – 1.22)	1.5368	0.934 (0.75 – 1.17)
氯噻啉 Imidaclothiz	2.1155	0.95 (0.83 – 1.17)	1.6061	0.86 (0.70 – 1.08)
昆虫生长调节剂 Insect growth regulator				
噻嗪酮 Buprofezin	1.9286	0.27 (0.22 – 0.33)	2.1467	0.20 (0.17 – 0.24)
苯基吡唑类 Phenylpyrazole				
氟虫腈 Fipronil	1.6557	1.86 (1.50 – 2.39)	2.1173	1.79 (1.50 – 2.18)
有机磷类 Organophosphate				
毒死蜱 Chlopyrifos	2.0001	2.48 (1.99 – 3.81)	1.3832	1.976 (1.47 – 3.48)
氨基甲酸酯类 Carbamate				
异丙威 Isoprocarb	1.8161	24.57 (20.24 – 30.43)	2.0980	25.76 (21.61 – 31.17)
猛杀威 Promecarb	2.0492	21.32 (17.82 – 25.99)	1.7900	22.99 (18.81 – 28.93)
丁硫克百威 Carbosulfan	2.1020	28.89 (24.14 – 34.79)	2.2417	36.41(30.73 – 43.88)
仲丁威 Fenobucarb	2.1875	30.26 (25.54 – 36.29)	2.0812	31.45 (26.37 – 38.06)
混灭威 Dimethacarb	2.0496	71.87 (59.83 – 87.87)	2.1255	66.94 (56.22 – 81.00)
残杀威 Propocarb	1.8937	29.31(24.31 – 35.92)	1.7496	31.27 (25.61 – 39.05)
速灭威 Metalcarb	2.1256	47.12 (39.61 – 56.83)	1.6753	54.24 (43.93 – 69.21)

3 讨论

不同的药剂，由于其本身的性质、作用方式、防治对象及作用机理等不同，从而在测定方法上也会有所不同。建立能够准确地反映害虫对药剂的敏感性或抗药性及其变化的标准方法是进行敏感性或抗药性研究的前提条件。用于褐飞虱对杀虫剂的抗性监测方法主要有点滴法(Nagata，1982；高辉华等，1987)、药膜法(王荫长等，1996)、浸苗法(张存政等，2002)及稻茎浸渍法(庄永林和沈晋良，2000)等。20 世纪 80 年代以来，昆虫生长调节剂噻嗪酮和新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺和苯基吡唑类药剂氟虫腈等被推荐为防治稻飞虱的主要药剂

品种(Wang *et al.*, 2008b)。噻嗪酮作用机理是抑制昆虫表皮几丁质的合成，从而导致稻飞虱若虫在蜕皮过程中死亡，但对成虫无直接致死作用(Izawa *et al.*, 1985; Uchida *et al.*, 1987)。因此，点滴法或药膜法用成虫作为试虫就不能真实地反映噻嗪酮的杀虫活性。此外，噻嗪酮作用缓慢，处理的褐飞虱若虫要在处理后 3 – 5 d 才能因蜕皮困难最终表现出致死作用(Nagata, 1986)，如果用点滴法或药膜法处理后 24 – 48 h 就观察结果，则因处理时间太短而不能充分反映出噻嗪酮的杀虫活性。因此，抗性测定方法除不能用成虫作为试虫外，处理后的观察时间过短也不能准确地反映该药剂的毒力。就药剂本身的杀虫活性而言，噻嗪酮、吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺和氟虫腈等药剂都具有多种作用方式的特点。噻嗪酮除有触杀作用外，还有渗透作用(潘文亮和赵善欢，1989)；而吡虫啉、噻虫嗪和烯啶虫胺等新烟碱类药剂除有触杀作用外，还有较好的内吸活性(Jeschke and Nauen, 2008)，氟虫腈除具有一定的胃毒、触杀作用外，也有一定的内吸作用(Colliot *et al.*, 1992)。因此，点滴法或药膜法则不能反映出它们的渗透或内吸活性，而采用 3 龄若虫作为试虫的稻茎浸渍法则能反映出药剂的触杀、内吸或渗透作用。因此，与其他方法相比，以分蘖期到拔节期为实验材料的稻茎浸渍法更接近于田间用药情况，可以为田间防治提供较为准确的信息。

本研究测定结果表明褐飞虱对新烟碱类的不同药剂的抗药性存在较大差异。自从 2005 年，我国首次监测到褐飞虱对吡虫啉产生 70 ~ 475 倍的抗药性以来[农技植保函(2005)270 号]，尽管我国农业部农技推广中心要求暂停使用吡虫啉防治褐飞虱，使吡虫啉防治褐飞虱的使用量下降，但根据 2005 – 2007 年我们进行的褐飞虱对吡虫啉抗性动态监测结果来看，所有测定的田间褐飞虱种群对吡虫啉的抗药性仍处于较高水平抗药性阶段(Wang *et al.*, 2009)。这可能有几个方面的原因：一是尽管褐飞虱对吡虫啉产生了较强抗药性，其被要求暂停使用防治褐飞虱，但吡虫啉对白背飞虱仍有较好的防治效果，该药剂仍被大量用于白背飞虱的防治(Matsumura *et al.*, 2008；李淑勇等，2009)。因此，吡虫啉防治白背飞虱的致死剂量对褐飞虱来说可能是亚致死剂量，对褐飞虱起到进一步抗性筛选的作用；二是尽管我国要求暂停使用吡虫啉防治褐飞虱，但我国褐飞虱的虫源地越南、泰国及马来西亚等国家仍有可能在使用吡虫啉防治褐飞虱(Chau, 2007; Gorman *et al.*, 2008；梁桂梅等，2007)。三是褐飞虱对吡虫啉的抗性稳定性测定结果表明，褐飞虱对吡虫啉产生明显抗药性水平后，停止用药，尽管褐飞虱对吡虫啉的抗药性有一定程度的下降，但很难恢复褐飞虱对吡虫啉的敏感性(Wang *et al.*, 2009)。氯噻啉是由我国南通江山农化股份有限公司自主研发的新烟碱类药剂品种，已被登记用于稻飞虱的防治(戴宝江，2005)。本研究抗性测定结果表明褐飞虱对氯噻啉也产生了 50.9 ~ 81.1 倍抗药性，而且已有报道高抗吡虫啉的褐飞虱品系对氯噻啉具有明显的交互抗性(Wang *et al.*, 2009)。褐飞虱对噻虫嗪产生了 9.4 ~ 10.3 倍的抗药性，而对烯啶虫胺和啶虫脒仍处于敏感性阶段，此外，对噻嗪酮和氟虫腈的分别产生了 5.0 ~ 8.6 倍和 15.8 ~ 17.0 倍的抗药性，而我们进行的交互抗性测定结果表明高抗吡虫啉的褐飞虱品系对噻虫嗪、烯啶虫胺、噻嗪酮和氟虫腈没有交互抗性(Wang *et al.*, 2009)。因此，鉴于田间褐飞虱对吡虫啉的抗药性仍处于较高水平抗药性的严重局面，需要继续暂停使用吡虫啉防治褐飞虱，氯噻啉也需要暂停使用防治褐飞虱，而噻虫嗪、烯啶虫胺、噻嗪酮和氟虫腈可被用于抗性褐飞虱的防治，但也要注意这些药剂应进行交替轮换使用，以延缓褐飞虱抗药性的发展。

褐飞虱种群对 5 类 16 种药剂的敏感性测定结果表明噻嗪酮、烯啶虫胺、氟虫腈、噻虫嗪和毒死蜱等药剂对褐飞虱具有较高的室内毒力，因此，这 4 类 5 种药剂可被作为田间药效试验或交替轮换用药防治褐飞虱的主要品种。白背飞虱对 5 类 16 种药剂的敏感性测定结果表明噻虫嗪、吡虫啉、噻嗪酮、烯啶虫胺、氯噻啉、啶虫脒、氟虫腈和毒死蜱等药剂对白背飞虱具有较高的室内毒力，因此，这 4 类 8 种药剂可被作为田间药效试验或交替轮换用药防治白背飞虱的主要品种。Matsumura 等(2008)采用点滴法对 2006 年的日本、中国、越南和菲律宾等国家 17 地的白背飞虱种群进行了抗药性测定，其研究结果表明以对氟虫腈最敏感的菲律宾 Isabela 种群为基准，越南 Tien Giang 种群对氟虫腈产生了 1692.9 倍(48 h 结果)和 345 倍(72 h 结果)的抗药性，而对吡虫啉仍处于敏感性阶段，这暗示出田间白背飞虱种群对氟虫腈在一些地区已经产生了较强的抗药性。因此，当田间褐飞虱和白背飞虱混合发生时，可选用噻虫嗪、噻嗪酮、烯啶虫胺和毒死蜱等药剂进行防治，不宜使用吡虫啉、氯噻啉和氟虫腈等药剂防治。

褐飞虱和白背飞虱是具有暴发性的迁飞性害虫，在防治策略上必须贯彻“预防为主、综合防治”的原则，采取以农业防治为基础，加强预测预报，通过合理使用化学农药协调化学防治与保护和利用害虫天敌的矛盾，将害虫密度控制在经济为害允许水平之下(Denno and Roderick，1990)。鉴于化学防治是当前控制稻飞虱的重要手段，而且稻飞虱对多种药剂产生了不同程度的抗药性，可以长期用于防治稻飞虱的高效药剂越来越少(梁天锡和毛立新，1996；姚洪渭等，2000；Endo and Tsurumachi，2001；Matsumura *et al.*，2008；Wang *et al.*，2008a)。一般来说，褐飞虱和白背飞虱的防治适期为主害代的2、3 龄若虫高峰期，但在大发生年份及常年重发区，宜采取药剂防治迁入峰成虫和主害代低龄若虫相结合的防治策略。笔者建议在这两种稻飞虱的迁飞过程中加强其对常用杀虫剂的抗药性或敏感性监测，在迁出区和迁入区之间，迁入代和当地繁殖代之间采用不同作用机制、无交互抗性的药剂进行交替轮换使用，以延缓抗药性的产生，也可采用抗性机理不同的杀虫剂进行复配来防治这两种稻飞虱。

参 考 文 献(References)

Chau LM, 2007. The situation of insecticide resistance of brown planthopper in Mekong Delta, Vietnam. *Resist. Pest Manag.*, 16(2): 7－9.

Cheng JA, Zhu ZY, 2006. Analysis on the key factors causing the outbreak of brown planthopper in Yangtze Area, China in 2005. *Plant Prot.*, 32(4): 1－4. [程家安, 祝增荣, 2006. 2005 年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析. 植物保护, 32(4): 1－4]

Colliot F, Kukorowski KA, Hawkins DW, Roberts D A, 1992. Fipronil: a new soil and foliar broad spectrum insecticide. In: Proceedings of Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases. Farnham, Surrey, UK. 29－34.

Dai BJ, 2005. A new insecticide of imidaclothiz. *World Pestic.*, 27(6): 46－47. [戴宝江, 2005. 新颖杀虫剂——氯噻啉. 世界农药, 27(6): 46－47]

Denno RF, Roderick GK, 1990. Population biology of planthopper. *Annu. Rev. Entomol.*, 35: 489－520.

Ding JH, Su JY, 2002. Agricultural Entomology. China Agriculture Press, Beijing. 163－174. [丁锦华, 苏建亚, 2002. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社. 163－174]

Endo S, Tsurumachi M, 2001. Insecticide susceptibility of the brown planthopper and the white-backed planthopper collected from Southeast Asia. *J. Pestic. Sci.*, 26(1): 82－86.

Gao HH, Wang YC, Tan FJ, You ZP, 1987. Studies on the sensitivity-level of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), to insecticides. *J. Nanjing Agric. Univ.*, 4 (Suppl.): 65－72. [高辉华, 王荫长, 谭福杰, 尤子平, 1987. 稻褐飞虱对杀虫剂敏感性水平的研究. 南京农业大学学报, 4(增刊): 65－72]

Gao XW, Peng LN, Liang DY, 2006. Factors causing the outbreak of brown planthopper (BPH), *Nilapavata lugens* Stål in China in 2005. *Plant Prot.*, 32(2): 23－25. [高希武, 彭丽年, 梁帝允, 2006. 对 2005 年水稻褐飞虱大发生的思考. 植物保护, 32(2): 23－25]

Gorman K, Liu ZW, Denholm I, Brüggen KU, Nauen R, 2008. Neonicotinoids resistance in rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens. Pest Manag. Sci.*, 64(11): 1 122－1 125.

Heinrichs EA, 1994. Impact of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthopper. In: Denno RF, Perfect TJ eds. Planthopper: Their Ecology and Management. Chapman and Hall Press, New York. 571－614.

Izawa Y, Uchida M, Sugimoto T, Asai T, 1985. Inhibition of chitin synthesis by buprofezin analogs in relation to their activity controlling *Nilaparvata lugens* (Stål). *Pestic. Biochem. Physiol.*, 24(3): 343－347.

Jeschke P, Nauen R, 2008. Neonicotinoids: From zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Manag. Sci.*, 64(11): 1 084－1 098.

Li SY, Liu X, Gao CF, Bo XP, Su JY, Wang YH, Yu L, Yan X, Shen JL, Yang J, Tao LM, 2009. Laboratory screening of alternatives to highly-toxic insecticides for controlling the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* and resistance risk assessment to imidacloprid in rice. *Chinese J. Rice Sci.*, 23(1): 79－84. [李淑勇, 刘学, 高聪芬, 薄仙萍, 苏建亚, 王彦华, 余论, 严鑫, 沈晋良, 杨峻, 陶岭梅, 2009. 防治水稻白背飞虱高毒农药替代药剂的室内筛选及对吡虫啉的抗性风险评估. 中国水稻科学, 23(1): 79－84]

Liang GM, Li YP, Guo JC, 2007. Occurrence dynamic of rice planthopper and its resistance management to insecticides in Thailand and Vietnam in recent years. *China Plant Protection*, 27(6): 44－46. [梁桂梅, 李永平, 郭井泉, 2007. 近年泰国、越南稻飞虱发生态势及抗药性的发生与治理. 中国植保导刊, 27(6): 44－46]

Liang TX, Mao LX, 1996. Studies on the monitoring of insecticides-resistance of rice planthopper. *Entomol. J. East China*, 5(1): 89－93. [梁天锡, 毛立新, 1996. 水稻飞虱的抗药性监测研究. 华东昆虫学报, 5(1): 89－93]

Matsumura M, Takeuchi H, Satoh M, Sanada-Morimura S, Otuka A, Watanabe T, Van Thanh D, 2008. Species-specific insecticide resistance to imidacloprid and fipronil in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* in East and South-east Asia. *Pest Manag. Sci.*, 64(11): 1 115－1 121.

Nagata T, 1982. Insecticide resistance and chemical control of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Bull. Kyushu Nat. Agric. Exp. Sta.*, 22: 49－164.

Nagata T, 1986. Timing of buprofezin application for control of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 21(3): 357－362.

Pan WL, Chiu SF, 1989. Mode of action of buprofezin against *Nilaparvata lugens* nymphs and its application in rice fields for the

control of planthoppers. *J. South China Agric. Univ.*, 10(4): 13 - 18.［潘文亮, 赵善欢, 1989. 噻嗪酮对褐飞虱作用方式及其田间应用研究. 华南农业大学学报, 10(4): 13 - 18］

Shen JL, Wu YD, 1995. Insecticide Resistance in Cotton Bollworm and Its Management. China Agriculture Press, Beijing. 25 - 88.［沈晋良, 吴益东, 1995. 棉铃虫抗药性及其治理. 北京: 中国农业出版社. 25 - 88］

Uchida M, Asai T, Sugimoto T, 1987. Inhibition of cuticle deposition and chitin biosynthesis by a new insect growth regulator, buprofezin, in *Nilaparvata lugens* (Stål). *Agric. Biol. Chem.*, 49(4): 1 233 - 1 234.

Wang YC, Li GQ, Deng YC, Dong XH, Ding SY, Su JK, Zhang ZJ, Peng LN, Zhang XL, Zhang Z, 1996. Resistance of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* to buprofezin. *J. Nanjing Agric. Univ.*, 19 (Suppl.): 22 - 27.［王荫长, 李国清, 邓业成, 董习华, 丁士银, 苏建坤, 张中俊, 彭丽年, 张夕林, 张治, 1996. 稻飞虱对噻嗪酮的抗药性. 南京农业大学学报, 19(增刊): 22 - 27］

Wang YH, Gao CF, Zhu YC, Chen J, Li WH, Zhuang YL, Dai DJ, Zhou WJ, Ma CY, Shen JL, 2008a. Imidacloprid susceptibility survey and selection risk assessment in field populations of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.*, 101(2): 515 - 522.

Wang YH, Wu SG, Zhu YC, Chen J, Liu FY, Zhao XP, Wang Q, Li Z, Bo XP, Shen JL, 2009. Dynamics of imidacloprid resistance and cross-resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Entomol. Exp. Appl.*, 131(1): 20 - 29.

Wang YH, Chen J, Zhu YC, Ma CY, Huang Y, Shen JL, 2008b. Susceptibility to neonicotinoids and risk of resistance development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Pest Manag. Sci.*, 64(12): 1 278 - 1 284.

Yao HW, Ye GY, Chen JA, 2000. Insecticide resistance in different populations of the white-backed planthopper. *Chinese J. Rice Sci.*, 14(3): 183 - 184.［姚洪渭, 叶恭银, 程家安, 2000. 白背飞虱不同种群抗药性的测定. 中国水稻科学, 14(3): 183 - 184］

Zhang CZ, Liu XJ, Gu ZY, Wang DL, Yu XY, Huang F, 2002. Preliminary analysis of the biotype and insecticide resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Jiangsu Agric. Sci.*, (1): 41 - 43.［张存政, 刘贤进, 顾正远, 王冬兰, 于向阳, 黄丰, 2002. 褐飞虱生物型监测及抗药性初析. 江苏农业科学, (1): 41 - 43］

Zhuang YL, Shen JL, 2000. A method for monitoring of resistance to buprofezin in brown planthopper. *J. Nanjing Agric. Univ.*, 23(3): 114 - 117.［庄永林, 沈晋良, 2000. 稻褐飞虱对噻嗪酮抗性的检测技术. 南京农业大学学报, 23(3): 114 - 117］

（责任编辑: 赵利辉）